# SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE CRIADOS A PASTO: CONSIDERAÇÕES BIOLÓGICAS E ECONÔMICAS

**R. A. Zinn[1] e P. Garces[2]**
*Universidade da Califórnia, Davis[1]*
*Universidade Autônoma Nacional, México[2]*

## INTRODUÇÃO

Em um sistema baseado em pastagens, a eficiente utilização do pasto é de extrema importância, sendo avaliada em termos de retorno líquido por hectare. Grande parte das variações observadas no sistema, em resposta ao manejo dos mesmos, é devido à representação equivocada dos *inputs* (qualidade e produção da forragem, balanço nutricional, estratégia de pastejo, aditivos alimentares) e dos *outputs* (ganho médio diário verdadeiro x ganho médio diário aparente). O nível de FDN da forragem representa não só sua particular funcionalidade em promover os processos digestivos, mas também representa a característica da forragem que pode limitar o consumo de energia, e, portanto, ter influência negativa na performance. O rúmen tem um limite máximo em sua capacidade física. À medida em que que a taxa de digestão decresce, a quantidade de MO lentamente digestível no rúmen aumenta. O tempo de retenção da fibra no rúmen, ou o período de tempo em que a fibra é exposta aos processos fibrolíticos é influenciado pelo tamanho inicial da partícula da fibra, taxa de redução do tamanho da partícula (mastigação e ruminação), densidade da partícula, e taxa de digestão. Métodos atualmente empregados pelos laboratórios (QI, RFV, RFQ) para avaliar qualidade de forragem não são bem aceitos pelos nutricionistas. Os modelos não são suficientemente acurados em avaliar as diferenças práticas entre forragens de classificação similar. Seleção de forragens com o intuito de reduzir o seu conteúdo de FDN é um meio óbvio para melhorar o valor energético das mesmas. Diferenças no valor nutricional entre as forrageiras utilizadas para pastejo são menos apreciáveis, quando a avaliação é realizada numa situação de concentração de FDN equivalente. Uma vez que a qualidade da forragem pode variar dramaticamente em função do seu estádio de maturidade, sua importância não pode ser desconsiderada. O crescimento é uma função altamente predizível a partir do consumo

Traduzido por Pedro Veiga Rodrigues Paulino – Estudante de doutorado
DZO/UFV. pveiga@vicosa.ufv.br

de energia. O consumo de energia em sistemas a pasto é limitado devido a restrições no enchimento ruminal. Portanto, consumo de energia e ganho médio diário de bovinos mantidos a pasto podem ser apreciavelmente melhorados por: 1) redução das exigências de mantença; 2) aumento da densidade energética da dieta; 3) redução da FDN; 4) redução da FDNe; 5) incremento na digestão ruminal da fibra; e 6) otimização do balanço nutricional. A suplementação é uma ferramenta importante para melhorar a eficiência de utilização do pasto. Quando o nível da suplementação exceder 0,3 % do PV, o consumo de matéria seca do pasto irá começar a decrescer. À medida em que o ganho médio diário de bovinos mantidos a pasto se aproxima de 1,2 kg/dia, o decréscimo no consumo de pasto, em consequência de uma suplementação mais pesada, torna-se mais dramática. Os aditivos alimentares mais extensivamente avaliados para uso em sistemas de produção a pasto são os ionóforos e as bambermicinas. Quando o consumo desses antibióticos se encontra dentro de uma faixa de variação em que a ação dos mesmos é considerada ativa, o GMD de bovinos em pastejo deverá aumentar em aproximadamente 84 g/dia. Uma vez que o consumo de suplemento, e, portanto, o de antibiótico, pode variar consideravelmente em condições de pastejo, o antibiótico ideal deve ser eficiente dentro de uma faixa de variação de consumos, e apresentar risco mínimo de toxicidade. Custos relacionados aos juros de mercado (custos de oportunidade) representam o principal risco em operações pecuárias baseadas em pastagens. Quando o custo de oportunidade é superior em relação ao custo alimentar, a suplementação de bovinos a pasto, utilizada com o intuito de otimizar o GMD, pode melhorar notavelmente a margem líquida anual da atividade.

## ATRIBUTOS DA FORRAGEM QUE AFETAM SEU VALOR NUTRICIONAL

Os atributos específicos dos components fibrosos da forragem que mais contribuem para sua função como alimento volumoso estão compreendidos no termo “fibra efetiva”, especificamente fibra em detergente neutro efetiva ou FDNe. Esse termo descreve as propriedades da forragem que estimulam a mastigação, regurgitação e ruminação. Ele reflete as qualidades físico-químicas da fibra, incluindo tamanho de partícula inicial, densidade, e fragilidade ou facilidade de

redução do tamanho de partícula através da mastigação e digestão. A FDNe da forragem representa não só sua funcionalidade particular em promover função digestiva, mas também representa o caráter da forragem que pode limitar o consumo de energia, e, portanto, exerce influência negativa sobre o desempenho. Infelizmente, pesquisas insuficientes têm sido conduzidas para atribuir adequadamente esse atributo a cada forragem individualmente. O NRC (1996) generaliza o valor de FDNe de todas as forragens verdes (por exemplo, pasto) como sendo 41% (isto é, 41% da FDN da forragem representa o seu teor de FDNe), enquanto o valor generalizado para forragens secas (feno) é de 92%. As paredes celulares das plantas são consituídas por uma complexa trama de frações de carboidratos incluindo hemicelulose, celulose, e lignina que confere rigidez e estabilidade estrutural necessárias para o crescimento da planta. Essas frações são referidas coletivamente como fibra em detergente neutro ou FDN. Embora a celulose seja o componente predominante da porção fibrosa das plantas, é importante destacar que as microfibrilas da celulose estão firmemente ligadas através de ligações covalentes a uma matriz composta por outros componentes fibrosos, particularmente hemiceluloses e lignina (Jeffries, 1990). De forma análoga a um concreto reforçado, a digestão da celulose é limitada pelo encapsulamento promovido pelo complexo hemicelulose – lignina.

A primeira preocupação a respeito da digestão da fibra é seu consequente efeito sobre o consumo de energia e, portanto, sobre o desempenho dos animais. O rúmen tem um limite máximo na sua capacidade física. À medida em que a taxa de digestão da fibra decresce, a quantidade de MO lentamente digestível presente no rúmen aumenta. Ao se referir às características digestivas, dois termos, respectivamente, “digestibilidade” e “digestão”, são comumente utilizados equivocadamente. “Digestibilidade” é qualitativo, e refere-se à susceptibilidade à degradação. Por outro lado, “digestão” refere-se à extensão da degradação. A extensão da digestão ruminal da fibra é função da taxa de digestão (**$K_d$**) e da taxa de passagem (**$K_p$**) [digestão, % = $K_d/(K_d + K_p)$]. Um fator principal que influencia a taxa de digestão ruminal da fibra é a acessibilidade do substrato ao processo fibrolítico, em particular, das interações físico-químicas da celulose, hemicelulose e lignina, que, na verdade, representam uma característica intrínseca e única de cada forragem ou fontes de fibra individualmente, e são influenciadas pelo estádio de maturidade do pasto.

O problema, no entanto, não é "digestão" da forragem, mas o período de tempo necessário para o processo degradativo. A natureza da fibra, a taxa de redução do tamanho de partícula e a taxa de passagem constituem os aspectos mais limitantes. Os valores tabelados do NRC (1996) para a alfafa e o coast-cross demonstram essa questão. A alfafa no estádio inicial de florescimento e o coast-cross verde apresentam valores de NDT de 60% e 64%, respectivamente. A digestão da FDN da alfafa é de 45%, enquanto que do coast-cross é de 65%! Por ser mais digestível (particularmente a fração fibrosa, FDN), o coast-cross parece ser a melhor opção. Entretanto, o feno de alfafa contém menos FDN. Além disso, as características físicas da fibra da alfafa faz com que ela seja "quebradiça" e se rompa facilmente, permitindo uma rápida taxa de passagem pelo rúmen. A FDN do coast-cross, por outro lado, demora cerca de 2 vezes mais tempo para passar pelo rúmen. Desta forma, apesar de o valor energético do coast-cross ser levemente superior ao da alfafa, seu mais alto conteúdo de fibra irá limitar o consumo de energia, de modo que o seu valor nutricional, quando utilizado na forma de pastejo, seja consideravelmente menor que o da alfafa.

O tempo de retenção da fibra no rúmen, ou o período de tempo em que é exposta ao processo fibrolítico, é influenciado pelo tamanho inicial da partícula, pela taxa de redução do tamanho da partícula (mastigação, ruminação), pela densidade da partícula, e pela taxa de digestão. As bases para a retenção de partícula não são totalmente claras. Partículas maiores parecem ficar aprisionadas sobre ou no interior do meio ruminal ("*ruminal mat*"), restringindo, desta forma, seu acesso ao orifício retículo-omasal. Partículas maiores podem ser também "scaneadas" pelas lâminas omasais e retornarem ao rúmen, aumentando o tempo de retenção dessas partículas (Church, 1988). Embora partículas de 5 cm possam passar pelo orifício retículo-omasal (Welch, 1986), grande parte das partículas que deixam o rúmen são menores do que 1 mm. Welch (1986) observou que mais da metade (55,2%) da matéria seca (MS) ruminal passou por uma peneira de 0,8 mm. Enquanto a mastigação, que ocorre durante a ingestão do alimento, e a fermentação ruminal desempenham papel fundamental na diminuição da matéria particulada, a ruminação é a mais importante atividade no sentido de reduzir o tamanho de partícula do grosseiro material ainda indigerido. Hastes selecionadas a partir de diferentes espécies e de fenos com estádios de maturidade diferentes (tamanho

de partícula de 2,0 cm) mostraram que não houve mudança na forma física das mesmas, quando incubadas (utilizando sacos de naylon) no fluido ruminal de novilhos fistulados por 10 dias (Welch, 1982). Fitas plásticas de 7 cm de comprimento e 0,90 de gravidade específica requerem ruminação extensiva (redução do tamanho de partícula) antes que possam passar pelo rúmen (Welch, 1982).

É tentador atribuir ao orifício retículo-omasal a seleção por tamanho. McBride et al., citados por Welch (1986), fotografaram o orifício utilizando fibras ópticas e encontraram que, em novilhos em confinamento, a abertura máxima do orifício retículo-omasal foi de 4,0 mm, e mais de 2,0 cm em vacas (Welch, 1982); tornando difícil explicar que a separação física das partículas no rúmen ocorra somente a partir da ação do orifício em si. Já que mais de 50% da MS ruminal passa através de um peneira com malha de 0,8 mm, outros mecanismos, incluindo densidade de partícula e integridade do meio ruminal ((“*ruminal mat*”) são também prováveis de desempenhar importantes papéis nesse processo. Independentemente do mecanismo, é evidente que as partículas alimentares precisam ter seu tamanho reduzido para menos de 1,0 mm, antes que possam ter probabilidade de passar para o trato digestivo inferior. A relação entre FDNe e tempo de retençao ruminal é dada pela equação seguinte: $K_p = 3,21 – 0,016$ FDNe (NRC, 1996).

## QUALIDADE DA FORRAGEM

A digestão das frações da matéria orgânica que não compõem a parede celular (carboidratos não estruturais mais proteína e lipídeos) é, comparativamente, alta (mais de 80%) na maioria das forragens, com média de 85%. No entanto, a digestão da fração da parede celular (FDN) é bem menor, tipicamente variando entre 40 e 70%, com média aproximada de 60%. Nesse sentido, a seleção de forragens com o intuito de reduzir seu conteúdo de FDN, é um evidente meio de melhorar o seu valor nutricional. A seleção de forragens objetivando melhorar a digestibilidade da fibra e não reduzir seus níveis pode também ser benéfico. Um exemplo desse tipo de seleção é o milho conhecido como *brown midrib corn* (BMC), ou milho com a nervura central marron. A silagem feita a partir dessa nova variedade de milho apresenta apenas pequena diferença em relação à silagem de milho tradicional, quanto ao seu teor de FDN; no entanto, devido a uma menor

(35%) lignificação, a digestão ruminal da fibra da silagem de milho obtida a partir dessa nova variedade é maior (16%) do que a observada em silagens produzidas a partir de variedades tradicionais, permitindo maior consumo de matéria seca (Greenfield et al., 2001). Todavia, pode-se generalizar que, quando avaliadas numa situação de concentração equivalente de FDN, diferenças entre as forragens, utilizadas na forma de pastejo, quanto ao seu valor nutricional são menos apreciáveis. Uma vez que a qualidade de forragem pode variar dramaticamente com o estádio de maturidade, sua importância não pode ser desconsiderada.

## MODELOS PARA AVALIAR O VALOR NUTRICIONAL DAS FORRAGENS

Modelos populares para avaliar o valor nutricional comparativo das forragens incluem: Índice de qualidade da forragem (**FQI**), Valor nutricional relativo (**RFV**), e Qualidade relativa da forragem (**RFQ**; Moore & Undersander, 2002):

FQI = Consumo de NDT, g / (29,0 * $PV^{0,75}$), onde Consumo de NDT = 0,01 * NDT, % * (120,7 – (0,83 * FDN, %), e NDT, % = 32,2 + (0,49 * $DMO_{\text{in vitro}}$).

RFV = CMS * DMS / 1,29, onde CMS = 120 / FDN, %, e DMS = 88,9 – (0,779 * FDA, %).

RFQ = 0,813 * Consumo de NDT, % PV, onde $CMS_{\text{leguminosa}}$ = 120 / FDN + (DFDN – 45) * 0,374 / 1350 * 100, $CMS_{\text{gramínea}}$ = - 2,318 + 0,442 * PB – 0,0100 x $PB^2$ – 0,0638 * NDT + 0,000922 x $NDT^2$ + 0,180 * FDA – 0,00196 * $FDA^2$ – 0,00529 * PB * FDA, $NDT_{\text{leguminosa}}$ = (CNF * 0,98) + (PB * 0,93) + (Ácidos graxos * 0,97 * 2,25) + (FDNp * Digestão *in vitro* da FDN, 48 horas / 100) – 7, e $NDT_{\text{gramínea}}$ = (CNF * 0,98) + (PB * 0,87) + (Ácidos graxos * 0,97 * 2,25) + (FDNp * (22,7 + (0,664 * Digestão *in vitro* da FDN, 48 horas)) / 100) – 10.

Esses modelos foram desenvolvidos para avaliar o valor nutricional em condições de pastejo, ou quando a forragem constitui o principal ingrediente alimentar da dieta. Todos os três métodos avaliam diferenças entre forragens a partir do ponto de vista do máximo consumo de matéria seca e digestibilidade. A Associação Nacional de

Testes de Forragens ("*National Forage Testing Association*") adotava o RFV, embora todos os três métodos tendam a ranquear as forragens similarmente (Moore & Undersander, 2002).

Por que o modelo RFV não tem atingido aceitação mais geral pelos nutricionistas? Em primeiro lugar, o modelo não é suficientemente acurado em avaliar diferenças práticas entre forragens de mesma classificação. Os preditores do CMS, limitado pela forragem (120/% FDN) e digestibilidade (88,9 – 0,779 * FDA, %) explicam muito pouco (1 e 20%, respectivamente) a variação dos dados observados de CMS e digestibilidade (Sanson & Kercher, 1996; Moore & Coleman, 2001). Em segundo lugar, esses modelos não levam em consideração potencias diferenças entre as forragens quanto aos seus teores de FDNe. Em terceiro lugar, a digestão ruminal da FDN não é somente uma função intrínseca da forragem em si, mas sim uma complexa função do balanço nutricional dietético (principalmente N) e do pH ruminal. A capacidade fibrolítica ruminal (crescimento de bactérias celulolíticas) diminui quando o teor dietético de proteína bruta degradável no rúmen é menor que 11% do consumo de matéria orgânica (isto é, de NDT) e quando o pH ruminal decresce para menos de 6,5 (Slyter, 1976; Shriver et al., 1986; Russel & Wilson, 1996; Yang et al., 2002). Uma vez que o pH ruminal é dependente do nível dietético de FDN (Pitt et al., 1996), o nível da suplementação a pasto com alimentos energéticos pode ter um efeito mais limitante na digestão ruminal da fibra do que a degradabilidade intrínseca da porção fibrosa da forragem (qualidade digestiva da fibra).

O rúmen tem um limite máximo em sua capacidade física. À medida em que a taxa de digestão ruminal da fibra decresce, a quantidade de matéria orgânica lentamente digestível que permanece no rúmen aumenta. O consumo de matéria seca máximo é uma função predizível a partir do peso vivo (PV, kg) atual ou do peso vivo médio, quando se considera um determinado período tempo de interesse, da FDN dietética (%), da FDNe da forragem (expressa como uma porcentagem da FDN da forragem) e da digestão ruminal da FDN (DRFDN, %): CMS máximo, Kg/dia = (0,001 * (45 * ($PV^{0,75}$)) / (0,01 * FDN (1 – 0,01 * DRFDN) / ((0,77 – 0,00386 * FDNe) * (0,042 * FDN – 0,037 – 0,00031 * $FDN^2$)) (Zinn & Salinas, 1999). De acordo com a equação acima, um bezerro inteiro (280 kg), pastejando capim napier (1,15 Mcal/kg de MS de ELm, 70% de FDN, 60% de FDNe e 50% de DRFDN), apresentaria um consumo máximo de 7,0 kg, com um GMD correspondente de 0,33 kg. Diminuindo o teor de FDN da forragem em

5% (de 70% para 66,5%) permitir-se-ia um aumento no CMS de 0,37 kg/dia e adicionar-se-ia um incremento de 27% (0,42 vs. 0,33 kg/dia) no GMD. Aumentando a digestão ruminal da FDN em 10% (de 50 para 55%) elevaria o CMS e o GMD em 11 e 51%, respectivamente! Assim, aparentemente, pequenas mudanças na qualidade da forragem podem resultar em dramática melhora no desempenho de bovinos de corte em crescimento. Por exemplo, numa grande empresa agropecuária no México, baseada no uso de pastagens, houve uma diferença de 21% no GMD de touros pastejando em fazendas próximas. A origem dos animais, o tipo de forragem e a suplementação eram similares. A diferença básica era a maturidade da forragem. O desafio persistente para essa empresa, como também para qualquer outro empreendimento agropecuário que tem a pastagem como base de seu sistema de produção, é o suprimento e alocação dos animais de forma a manter adequada intensidade de pastejo, perimitndo colheita da forragem sempre em um estádio de maturidade adequado.

## ENTENDENDO O SIGNIFICADO PRÁTICO DO CONSUMO DE ENERGIA

De todas as áreas da Nutrição de Ruminantes, a mais bem compreendida, do ponto de vista prático do desempenho de bovinos de corte em crescimento, é a energética. É importante reconhecer e compreender que o crescimento é uma função altamente predizível a partir do consumo de energia. Em uma compilação de 14.692 baias de bovinos em confinamento, com dados já fechados (2,3 milhões de cabeças), obtidos em 173 confinamentos na América do Norte, o consumo de energia explicou 85% da variação no GMD observado. Pode acreditar!

O consumo de energia por bovinos mantidos a pasto é limitado devido a restrições do enchimento ruminal (como explicado acima). Nesse sentido, diferenças entre raças a respeito do potencial genético para crescimento, não são prontamente expressadas em condições a pasto. Por exemplo, em uma comparação entre 64 bezerros Brahman e Nelore (212 kg), o ganho diário observado durante um período de pastejo de 249 dias foi similar ($P > 0,58$), apresentando média de 1,02 e 0,97 kg, respectivamente (Zinn, 2002, dados não publicados). Entretanto, o consumo de energia, e, portanto, o GMD de bovinos a pasto, será consideravelmente aumentado através de: 1) redução das

exigências de mantença; 2) aumento da densidade energética da dieta; 3) redução da FDN; 4) redução da FDNe; 5) aumento da digestão ruminal da fibra; e 6) otimização do balanço nutricional.

## SUPLEMENTAÇÃO / ADITIVOS ALIMENTARES

Os métodos de fornecimento podem variar, mas existem, basicamente, três formas de suplementação: mineral, protéica e energética. Suplementos minerais são, tipicamente, baseados no sal branco, e disponibilizados à vontade, com livre acesso pelos animais. São formulados de forma a prover um balanço de minerais mais um ionóforo ou antibiótico relacionado (bambermicinas). Suplementos proteícos podem ser fornecidos diariamente, ou então disponibilizados com livre acesso pelos animais. Devido ao seu alto custo relativo, o consumo dos suplementos protéicos é, usualmente, limitado a 0,5 a 1,0 kg/cabeça/dia. Suplementos energéticos são tipicamente formulados de forma a serem fornecidos a uma taxa de 0,3 a 1,0% do PV. Como regra prática, o consumo de matéria seca da forragem (kg/dia) é, aproximadamente, 0,10 * $PV_{kg}^{0,75}$. O CMS total aumenta com a suplementação (Figura 1). Entretanto, quando o consumo de suplemento (particularmente de suplementos de alta energia) aumenta para níveis acima de 0,3% do PV, o CMS da forragem diminui. Esse decréscimo no consumo de pasto pode tornar-se especialmente pronunciado quando o nível de consumo de suplementos de alta energia ultrapassa 0,8% do PV (na base da matéria seca), já que o limite superior do GMD esperado a pasto (1,15 a 1,20 kg/dia) está perto de ser atingido nessa situação.

A importância prática da suplementação de bovinos a pasto é ilustrada na Figura 2. Nesse exemplo, estamos avaliando o desempenho de bezerros em crescimento, com peso vivo inicial de 180 Kg, pastejando capim napier (70% de FDN, 1,15 Mcal/Kg de MS de ELm) até que atinjam peso final de 360 Kg. O valor de mercado para compra dos animais é de US$ 0,86/Kg. Assumiu-se que 50% dos animais foram amortizados a uma taxa de juros anual de 15%. O custo do pasto foi considerado como sendo de US$ 0,033/Kg. O suplemento (à base de milho; 2,0 Mcal/Kg de MS de ELm) fornece 150 mg/cabeça/dia do ionóforo salinomicina. O custo do ganho, considerando-se a dieta (pasto mais suplemento), variou de US$ 0,70 a US$ 0,62/Kg, sendo otimizado ao nível de suplementação da ordem de

0,8 a 0,9% do PV. O retorno líquido sobre o investimento/cabeça/ ano variou de parcos US$ 2,37 para os animais não suplementados para satisfatórios US$ 67,96 para os bezerros suplementados ao nível de 0,9% do PV. É importante notar que somente 20% da diferença no retorno líquido é explicada pela melhoria no custo do ganho representado pela dieta. O efeito beneficial remanescente devido à suplementação foi grandemente devido à redução dos custos associados aos juros de mercado (156 x 555 dias de alimentação).

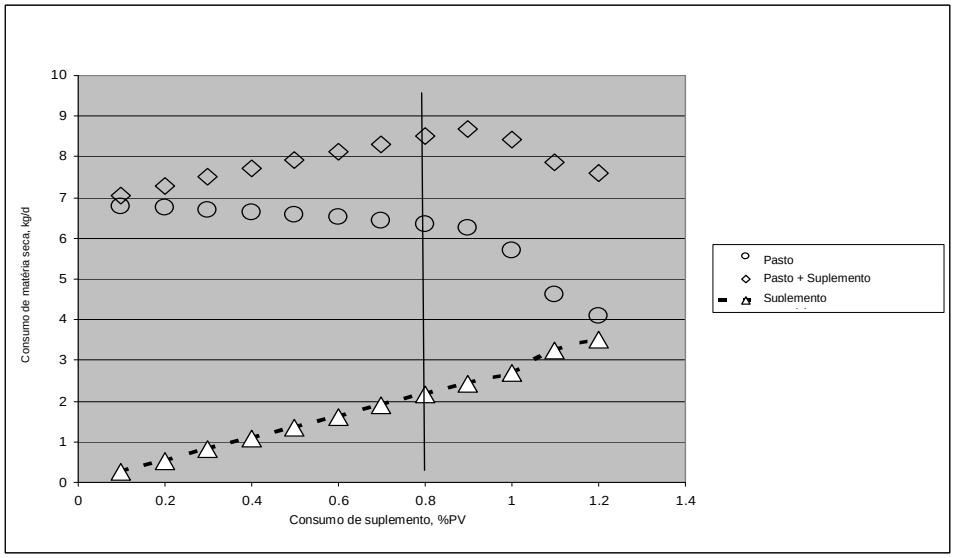


Figura 1 - Influência do nível da suplementação sobre o consume da MS total e do pasto.

**Modificadores da fermentação.** Ionóforos / bambermicinas. Esses antibióticos podem atuar sobre as bactérias gram-positivas, alterando potencialmente os produtos finais da fermentação, aumentando a concentração de propionato no rúmen, e reduzindo as perdas energéticas devidas ao metano. Ionóforos (laidomicina, lasalocida, monensina, salinomicina) exercem uma forte influência sobre a fluxo de elétrons através das membranas celulares, através do redirecionamento de elétrons para intermediários metabólicos que servem como dreno de elétrons (Bergen & Bates, 1984). Ven Nevel &

Demeyer (1977) hipotetizaram que os ionóforos, por poderem diminuir a produção de metano e acetato e aumentar a de propionato, funcionam como um dreno de elétrons para a fermentação ruminal. Entretanto, os efeitos dos ionóforos sobre os produtos finais da fermentação não tem sido consistentes, particularmente em dietas de alta participaçao de forragens. Fuller & Johson (1981), por exemplo, observaram que, na verdade, ocorreu um aumento de 9% na relação acetato:propionato (aumento aparente na perda de energia via metano) com a suplementação de monensina em uma dieta com alta participação de forragem.

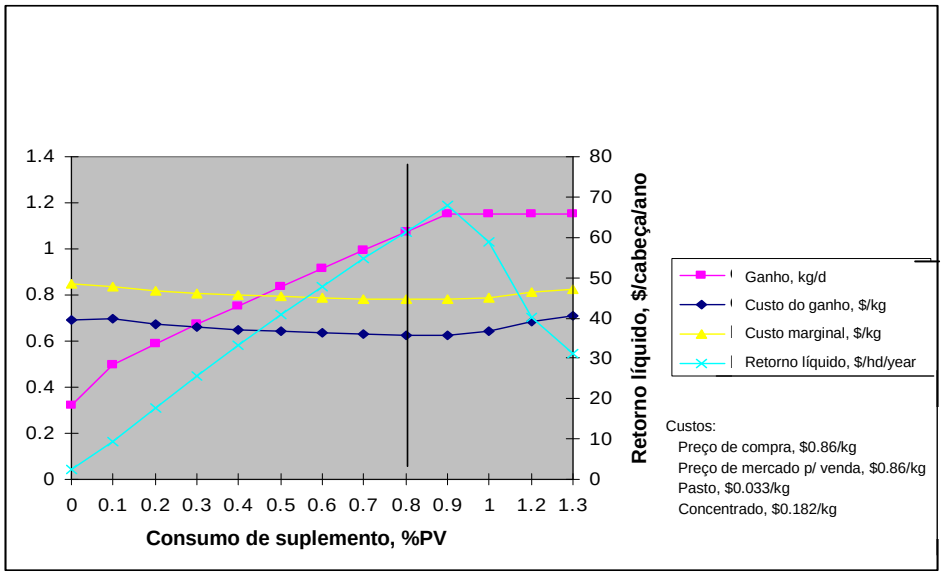


Figura 2 - Influência da suplementação sobre a economicidade do crescimento de bezerros criados a pasto dos 180 kg de peso inicial aos 360 kg de peso final.

Alternativamente, tem sido sugerido (Garrett, 1976; Byers, 1979; Zinn, 1986) que o efeito primário da suplementação com ionóforo sobre o desempenho dos animais é melhor explicado por uma redução de 8 a 10% nos gastos energéticos relacionados à mantença. Em bovinos mantidos a pasto, a redução dos custos energéticos de mantença em 9% equivale a um incremento no GMD de 84 g. A magnitude dessa

resposta é consistente com Poter et al. (1986), que observou, em uma compilação de 35 trabalhos, envolvendo 1910 novilhos e novilhas mantidos a pasto, que a resposta no ganho médio devido à suplementação com monensina (200 mg/cabeça/dia) foi de 90 g/d. De forma similar, Goodrich et al. (1984), em uma compilação de 24 experimentos envolvendo 914 bovinos sob pastejo, observaram que a suplementação com monensina (155 mg/dia) aumentou o ganho em 82 g/dia. Em uma abrangente compilação de trabalhos a pasto publicados, envolvendo a avaliação da suplementação de monensina e lasalocida, Huntington (1996) observou uma tendência de aumento na resposta à suplementação com ionóforo com o aumento do GMD dos animais controle ($GMD_{ionóforo}$, Kg/dia = 1,059 * $GMD_{controle}$ + 0,047, $r^2$ = 0,986). De acordo com essa equação, dentro da faixa de variação no GMD de 0,3 a 0,9 Kg/dia, a melhora esperada no GMD em virtude da suplementação com ionóforo está entre 65 e 100 g/dia.

O consumo de suplemento, e, portanto, de ionóforo, de bovinos mantidos em condições de pastagem, pode variar. Desta forma, o ionóforo ideal deve ser eficiente dentro de uma faixa de consumos, e apresentar risco mínimo de toxicidade. O ionóforo monensina pode tornar-se tóxico se consumido em excesso pelos bovinos (Potter et al., 1984). Assim, a monensina deve ser misturada com pelo menos 454 g do suplemento múltiplo e fornecida diretamente no cocho, todos os dias. Ela não deve ser fornecida em suplementos minerais de livre acesso. Essa limitação da monensina pode levar a um aumento considerável no custo da suplementação. O fornecimento de monensina a uma taxa de 400 mg/dia, em dias alternados, tem resultado em incrementos no GMD de bovinos mantidos a pasto, quando comparados à suplementação diária (77 x 82 g/dia; Muller et al., 1986). Laidomicina e salinomicina tem considerável atividade em promover ganho de peso sob uma ampla faixa de variação do consumo (50 a 200 mg/dia). Como o nível de suplementação desejado com esses ionóforos é menor (100 a 150 mg/dia), o risco de toxicidade devido ao consumo excessivo do suplemento é reduzido. Ao contrário, com lasalocida, a dose requerida para atingir uma resposta no ganho de peso é maior (200 a 300 mg/dia). Nesse sentido, a resposta no ganho à suplementação com lasalocida pode ser mais variável, embora, em alguns casos, quantidades mínimas de lasalocida, como 100 mg/dia, têm mostrado resposta significativa, comparando-se com os animais controle. Uma compilação de 11 trabalhos demonstrou uma resposta média no ganho da ordem de 70

g/dia (Kunkle et al., 2000). Uma grande vantagem da suplementação com lasalocida é que o risco de toxicidade devido a um consumo excessivo é bem pequeno. Por essa razão, lasalocida é o ionóforo mais popular para uso em suplementos minerais de livro acesso.

Outros antibióticos: Clorotetraciclina, oxitetraciclina e bambermicinas têm aprovação de uso para bovinos pelo FDA ("*Food and Drug Administration*"). Ambos, tetraciclina e oxitetraciclina, têm demonstrado ser capaz de aumentar o ganho e reduzir a incidência de problemas oculares em bovinos sob pastejo (Corah et al., 1983; Gay et al., 1985; Coffey & Brazle, 1988; Ward, 1989). O mais recente antibiótico a receber aprovação de uso para bovinos sob pastejo, incluindo novilhas de reposição, é a bambermicina. Como os ionóforos, as bambermicinas também apresentam atividade contra as bactérias gram-positivas e, portanto, podem reduzir a relação acetato:propionato no rúmen. No entanto, ao contrário dos ionóforos, não reduzem o número de protozoários ruminais, pelo menos aparentemente. Esse último efeito tem levado à especulação de que a bambermicina pode melhorar a digestão da fibra em bovinos sob pastejo. A resposta no ganho, em função da suplementação com bambermicina em bovinos mantidos sob pastejo, tem sido similar àquela observada no caso dos ionóforos. Em uma compilação de 18 experimentos, bovinos alimentados com bambermicina (2 a 4 mg/dia) tiveram 77 g/d a mais de ganho do que os animais controle não medicados (Hoechst Roussel Vet, 1998). Bambermicinas não são absorvidas pelo sistema digestivo dos bovinos, assim, os efeitos tóxicos devido a uma super-alimentação não representam uma preocupação ao pecuarista.

Enzimas / probióticos: Poucas pesquisas que procuraram avaliar a influência de enzimas e/ou da suplementação com produtos microbianos sobre o desempenho de bovinos de corte em crescimento sob pastejo têm sido publicadas. Quando o pH ruminal é superior a 6,5, a capacidade fibrolítica é máxima (a taxa de digestão da fibra não é limitada pela concentração enzimática, mas pela taxa de exposição da enzima ao processo fibrolítico). Em experimentos com meio de cultura contínuo, Yang et al. (2003) observaram que a suplementação com enzimas fibrolíticas aumentou a digestão da FDN quando o pH foi igual ou inferior a 6,0. Quando o pH aumentou para 6,5 os efeitos da suplementação enzimática foram negligenciáveis. Quando a digestão ruminal da FDN apresenta-se superior a 45 % (como normalmente seria o caso sob condições de pastejo), a capicade fibrolítica ruminal está

próxima do máximo e as respostas à suplementação com enzimas têm sido pequenas ou não notáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, E. G., M. F. Montano, and R. A. Zinn. 2000. Comparative feeding value of elephant grass in growing diets for feedlot cattle. Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci. 51:477-480.

Boling, J. A., N. W. Bradley, and L. D. Campbell. 1977. Monensin levels for steer calves grazing pasture. In: Beef Cattle Res. Rept., Prog. Rept. 227, pp 11-12, Univ. of Kentucky, Lexington.

Byers, F. M. 1979. Monensin and corn silage energy value for cattle. Ohio Beef Cattle Res. Prog. Rept. p 1.

Church, D.C. 1988.The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. 77-85.

Fuller, J. R., and D. E. Johnson. 1981. Monensin and lasalocid effects on fermentation in vitro. J. Anim. Sci. 53:1574.

Corah, L., J. Riley, S. O'Neill, and R. Pope. 1983. Effect of aureomycin, injectable tramisol and ectrin fly control ear tags on grazing steer performance. In: Kansas Beef Res. Rept., pp 114-117, Kansas State Univ., Manhattan.

Coffey, K., and F. Brazle. 1988. Performance of stocker heifers and steers grazing high endophyte fescue and offered oxytetracycline in a mineral mixture. In: Kansas Beef Res. Rept., Rept. of Prog. 539, pp 42-46, Kansas State Univ., Manhattan.

Garrett, W. N. 1976. Influence of rumensin on energy utilization of corn and barley diets. California Feeder's Day Rept. p 21.

Gay, N., D. H. Seman, J. A. Boling, N. W. Bradley, and E. D. Miksch. 1985. Management practices for beef cow herd productivity. In: Kentucky Beef Res. Rept., Prog. Rept. 291, pp 5-6, Univ. of Kentucky, Lexington.

Goodrich, R. D., J. E. Garrett, D. R. Gast, M. A. Kirick, D. A. Larson, and J. C. Meiske. 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. J. Anim. Sci. 58:1484-1498.

Greenfield, T. L., R. L. Baldwin, R. A. Erdman, and K. R. McLoed. 2001. Ruminal fermentation and intestinal flow of nutrients by lactating cows consuming brown midrib corn silages. J. Dairy Sci. 84:2469-2477.

Huntington, Gerald B. 1996. Grazing ruminant response to ionophores affected by management and environment. Feedstuffs, October 21, 1996.

Jeffries, T.W. 1990. Biodegradation of lignin-carbohydrate complexes. Biodegradation 1. 163 176.

Moore, J.E., and S.W. Coleman. 2001. Forage intake, digestibility, NDF and ADF: How well are they related? p. 238-242. In: T. Terrill (Ed.) Proc. Am. For. Grsld. Coun., Springdale, AR. AFGC, Georgetown, TX.

Moore, J. E., and D. J. Undersander. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainsville. pp 16-32.

Muller, R .D., E. L. Potter, M. I. Wray, L. F. Richardson, and H. P. Grueter. 1986. Administration of monensin in self-fed (salt limiting) dry supplements or on an alternate-day feeding schedule. J. Anim. Sci. 62:593-600.

NRC 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Revised Ed. 2000 update) National Academy of Sciences- National Research Council, Washington D. C.

Potter, E. L., R. L. Van Duyn, and C. O. Cooley. 1984. Monensin toxicity in cattle. J. Anim. Sci. 58:1499-1511.

Potter, E. L., R. D. Muller, M. I. Wray, L. H. Carroll, and R. M. Meyer. 1986. Effect of monensin on the performance of cattle on pasture or fed harvested forages in confinement. J. Anim. Sci. 62:583-592.

Ware, R.A., and R. A. Zinn. 2004. Influence of forage source and NDF level on growth performance of feedlot cattle. Proc. West. Sec Am. Soc. Anim. Sci. 55:637-641.

Welch, J.G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. J. Anim. Sci. 54: 885-894.

Welch, J. G. 1986. Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen. J. Dairy Sci. 69: 2750-2754.

Yang, W.Z., K. A. Beauchemin, D. D. Vedres. 2002. Effects of pH and fibrolytic enzymes on digestibility, bacterial protein synthesis, and fermentation in continuous culture. Anim. Feed Sci. Tech. 102: 137-150.

Zinn, R. A. 1986. Effects of salinomycin supplementation on characteristics of digestion and feedlot performance. J. Anim. Sci. 63:1996-2004.

Zinn, R. A. and J. Salinas. 1999. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78 % concentrate growing diet. In: Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of the 15 Th Annual Symposium (T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds). Nottingham University Press. UK.